

# Kraftstoffzufuhrvorrichtung für einen Verbrennungsmotor

1 Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffzufuhrvorrichtung für einen Verbrennungsmotor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

5 Stand der Technik

Aus der DE 195 39 885 A1 ist bereits eine Kraftstoffzufuhr-  
vorrichtung für einen Verbrennungsmotor bekannt, die eine  
Kraftstoffförderpumpe und eine dazu in Reihe geschaltete  
10 Kraftstoff-Hochdruckpumpe aufweist, um unter Hochdruck ste-  
henden Kraftstoff von der Hochdruckseite der Kraftstoff-  
Hochdruckpumpe über eine Druckleitung, einen Speicherraum  
und Ventilleitungen zu Einspritzventilen zu liefern, von de-  
nen jedes Kraftstoff direkt in eine der Brennkammern des  
15 Verbrennungsmotors einspritzt. Die Kraftstoffförderpumpe,  
deren Ausgangsseite mit der Niederdruckseite der Kraftstoff-  
Hochdruckpumpe über eine Druckleitung verbunden ist, liefert  
unter Vordruck stehenden Kraftstoff an die Kraftstoff-Hoch-  
druckpumpe.

1 Um den Vordruck in der Druckleitung auf einem gewünschten  
Wert zu halten, ist an die Druckleitung ein Druckbegren-  
zungsventil über ein 2/2-Wegeventil angeschlossen, das die  
Verbindung zwischen Druckleitung und Druckbegrenzungsventil  
5 sperrt oder freigibt.

Um die geringe Förderleistung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe  
während der Startphase des Verbrennungsmotors auszugleichen  
und gegebenenfalls die hochdruckseitige Druckleitung und den  
10 daran anschließenden Speicherraum zu spülen, so dass während  
des Stillstands des Verbrennungsmotors entstandene Gasblasen  
entfernt werden können, ist parallel zur Kraftstoff-Hoch-  
druckpumpe eine Durchlasseinrichtung vorgesehen, die die  
Niederdruckseite und die Hochdruckseite der Kraftstoff-Hoch-  
15 druckpumpe miteinander verbindet. Um den Vordruck in der  
niederdruckseitigen Druckleitung während der Startphase ge-  
genüber dem Vordruck während des normalen Betriebs auf 8 bis  
10 Bar zu erhöhen, kann das 2/2-Wegeventil geschlossen wer-  
den, so dass aus der Druckleitung kein Kraftstoff abfließen  
20 kann. Der während der Startphase erhöhte Vordruck ermöglicht  
einerseits eine Spülung der Kraftstoffzuführleitungen zum  
Beseitigen von Gasblasen und andererseits eine Komprimierung  
von Gasblasen, sowie eine für einen Startvorgang geeignete  
hohe Förderleistung.

25

Während des normalen Betriebs des Verbrennungsmotors wird  
der Einspritzdruck im Speicherraum von der Kraftstoff-Hoch-  
druckpumpe erzeugt und durch ein steuerbares Druckregelven-  
til auf einen entsprechenden Wert begrenzt. Das Druckregel-  
30 ventil ist hierfür über eine Rücklaufleitung mit der Nieder-  
druckseite verbunden.

Eine Begrenzung der Temperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe  
erfolgt dabei allenfalls durch eine gewisse Kühlung mittels  
35 des die Kraftstoff-Hochdruckpumpe durchströmenden Kraft-  
stoffstroms, so dass nicht zuverlässig verhindert werden  
kann, dass sich die Kraftstoff-Hochdruckpumpe so erwärmt,

1 dass ihre Temperatur die kritische Betriebstemperatur, also  
 die Temperatur übersteigt, bei der bei gegebenen Vordruck  
 eine Kraftstoffdampfblasenbildung beginnt.

5 Bei einer anderen Kraftstoffzuführvorrichtung, bei der eine  
 Kraftstoff-Hochdruckpumpe zur Versorgung von Direkt-Ein-  
 spritzventilen von einer Kraftstoffförderpumpe mit unter  
 Vordruck stehendem Kraftstoff versorgt wird, ist vorgesehen,  
 dass die die Förderseite der Kraftstoffförderpumpe mit der  
 10 Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe verbindende  
 Druckleitung über ein variables Drosselventil mit einem er-  
 sten Druckbegrenzungsventil für einen ersten, relativ nie-  
 drigen Druck, z.B. 3 Bar, und direkt mit einem zweiten  
 Druckbegrenzungsventil für einen relativ hohen Vordruck von  
 15 z.B. 9 Bar verbunden ist. Das variable Drosselventil weist  
 dabei einen Strömungswiderstand auf, der mit steigender  
 Durchflussrate überproportional ansteigt, so dass der Vor-  
 druck in der Druckleitung durch die Förderleistung der  
 Kraftstoffförderpumpe eingestellt werden kann.

20

Um bei einem Ansteigen der Kraftstofftemperatur Dampfblasen-  
 bildung in der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zu verhindern, ist  
 es bei dieser Kraftstoffzuführeinrichtung möglich, durch Er-  
 höhen der Förderleistung der Kraftstoffförderpumpe den Vor-  
 25 druck so anzuheben, dass er größer wird als der temperatur-  
 abhängige Dampfdruck des Kraftstoffs in der Druckleitung.

Auf diese Weise lässt sich zwar die Dampfblasenbildung im  
 Kraftstoff und damit ein Abfall der Förderleistung der  
 30 Kraftstoff-Hochdruckpumpe verhindern, der zur Folge hätte,  
 dass kein Hochdruckaufbau mehr möglich wäre. Allerdings wird  
 die Kraftstoffförderpumpe durch einen derartigen Betrieb er-  
 heblich strapaziert, was zu einer verringerten Lebensdauer  
 führt.

35

Um einen Stellmotor einer Drosselklappenstelleinheit zu kühl-  
 len, ist es aus der DE 38 36 507 A1 bekannt, aus dem Kühl-

1 wasserkreislauf des Verbrennungsmotors einen Kühlwasserstrom  
für den Stellmotor abzuleiten.

#### Vorteile der Erfindung

5

Die Kraftstoffzufuhrvorrichtung mit den Merkmalen des An-  
spruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, dass mit Hilfe des  
Kühlmittelstroms die Kraftstoff-Hochdruckpumpe auf einem  
Temperaturniveau gehalten werden kann, das unterhalb einer  
10 kritischen Betriebstemperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe  
liegt. Hierfür sind ein oder mehrere geeignete Kühlkanäle  
vorzusehen, die einen entsprechenden Kühlmittelstrom, der  
eine ausreichende Wärmeabfuhr gewährleistet, zu der Kraft-  
stoff-Hochdruckpumpe liefern.

15

Zweckmäßigerweise dient als Kühlmittel Luft. Wird die erfin-  
dungsgemäße Kraftstoffzufuhrvorrichtung bei einem Fahrzeug-  
motor eingesetzt, so ist es möglich, die Kühlkanäle im Mo-  
torraum so anzuordnen, dass die Umgebungsluft, die aus der  
20 Fahrzeugumgebung während des Fahrbetriebs zur Kraftstoff-  
Hochdruckpumpe geführt wird, zur Kühlung ausreicht.

Besonders zweckmäßig ist es jedoch, wenn dem zumindest einen  
Kühlkanal ein Lüfter zugeordnet ist, um den Kühlluftstrom  
25 durch den Kühlkanal zu erzeugen, wobei der Lüfter vorzugs-  
weise in Abhängigkeit von der Temperatur der Kraftstoff-  
Hochdruckpumpe und der kritischen Betriebstemperatur steuer-  
bar ist. Auf diese Weise lässt sich der Kühlluftstrom unab-  
hängig vom Einsatzbereich des Verbrennungsmotors so steuern,  
30 dass stets eine geeignete Kühlung der Kraftstoff-Hochdruck-  
pumpe erreicht werden kann.

Weist die erfindungsgemäße Kraftstoffzufuhrvorrichtung neben  
den Kühlmitteln für die Kraftstoff-Hochdruckpumpe eine um-  
35 schaltbare oder variable Druckregeleinrichtung auf, so kann  
durch einen entsprechend hoch eingestellten Vordruck die  
kritische Betriebstemperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe

1 so weit erhöht werden, dass eine Kühlung der Kraftstoff-  
Hochdruckpumpe mit Hilfe des durch den Kühlkanal oder die  
Kühlkanäle gezielt geführten Kühlluftstroms, der gegebenen-  
falls mit Hilfe eines vorzugsweise steuerbaren Lüfters er-  
5 zeugt wird, unter allen Betriebsbedingungen des Verbren-  
nungsmotors ausreichend ist.

Durch die erfindungsgemäß vorgesehene Kühlung der Kraft-  
stoff-Hochdruckpumpe mit einem separaten Kühlmittel kann ei-  
10 ne Dampfblasenbildung in der Kraftstoff-Hochdruckpumpe ver-  
hindert werden, so dass auf eine Kühlung der Kraftstoff-  
Hochdruckpumpe mittels eines Kraftstoff-Spülstroms, der  
stets eine Rücklaufleitung zum Kraftstofftank erfordert,  
vermieden werden kann. Die Einsparung einer derartigen  
15 Kraftstoffrücklaufleitung vereinfacht nicht nur den gesamten  
Aufbau der Kraftstoffzufuhrvorrichtung sondern erhöht auch  
die Sicherheit im Falle eines gefährlichen Aufpralls. Dane-  
ben wird eine unnötige Aufheizung des Kraftstoffs im Kraft-  
stofftank durch den in der Kraftstoff-Hochdruckpumpe erwärm-  
20 ten Kraftstoffspülstrom vermieden, so dass verringerte Ver-  
dampfungsverluste im Kraftstofftank auftreten, und damit die  
Aktivkohlefilter und Tankentlüftung entlastet werden.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfin-  
25 dung ist vorgesehen, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zum  
Kühlen Kühlflüssigkeit durch den Kühlkanal als Kühlmittel  
zuführbar ist. Obwohl es grundsätzlich möglich ist, jede ge-  
eignete Kühlflüssigkeit zu verwenden, z. B. bei in einem  
Fahrzeug vorhandenem Klimasystem das Kältemittel aus dem  
30 Klimasystem zum Kühlen der Kraftstoff-Hochdruckpumpe des  
Fahrzeugmotors einzusetzen, ist es bevorzugt, als Kühlmittel  
Kühlwasser vorzusehen, wobei das Kühlwasser vorzugsweise aus  
dem Kühlsystem des Verbrennungsmotors abgeleitet wird.

35 Durch die Verwendung von Kühlwasser, insbesondere durch die  
Verwendung eines Kühlwasser-Teilstroms der aus dem Vorlauf  
des Kühlsystems des Verbrennungsmotors, also hinter dem Mo-

1 torkühler abgeleitet wird, lässt sich die Kühlung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe weiter verbessern.

Dabei ist es zweckmäßig, wenn zur Steuerung der Kühlwasser-  
5 Zufuhr ein Absperrventil vorgesehen ist, das von einer Steuerschaltung in Abhängigkeit von der Temperatur des Kühlwassers und von der Temperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe betätigbar ist.

Um für den Fall, dass unter extremen Betriebsbedingungen des  
10 Verbrennungsmotors die Kühlung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe nicht durchgeführt werden kann oder nicht ausreicht, eine Dampfblasenbildung zu verhindern, ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass an die Kraftstoffförderpumpe ausgangsseitig eine von einer Steuerschaltung steuerbare Druckregleinrichtung  
15 angeschlossen ist, um den der Kraftstoff-Hochdruckpumpe niederdruckseitig zugeführten Kraftstoffdruck, also den Vor-  
druck in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen der Kraftstoff-Hochdruckpumpe einstellen zu können.

20 Zweckmäßigerweise ist die Druckregleinrichtung so steuerbar, dass der der Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zugeführte Druck auf einen ersten oder einen zweiten Wert regelbar ist. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass der der Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zuge-  
25 führte geregelte Druck variabel ist.

Um einen sicheren Betrieb der Kraftstoff-Hochdruckpumpe auch in Extremfällen zu gewährleisten, sind zweckmäßigerweise zumindest zwei Kühlkanäle vorgesehen, von denen der eine Luft  
30 und der andere Wasser als Kühlmittel der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zuführt.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnung

35 Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher er-

1   läutert. Es zeigen:

Figur 1 ein schematisches vereinfachtes Blockbild einer erfindungsgemäßen Kraftstoffzufuhrvorrichtung mit einer luft-  
5   gekühlten Kraftstoff-Hochdruckpumpe,

Figur 2 ein schematisches vereinfachtes Blockbild einer erfindungsgemäßen Kraftstoffzufuhrvorrichtung mit einer mit einem flüssigen Kühlmittel, wie z.B. Wasser, gekühlten  
10   Kraftstoff-Hochdruckpumpe, und

Figur 3 ein Flussdiagramm für den Betrieb einer erfindungsgemäßen Kraftstoffzufuhrvorrichtung, bei der der Vordruck regelbar und die Kraftstoff-Hochdruckpumpe mit einem steuer-  
15   baren Kühlmittelstrom kühlbar ist.

In den verschiedenen Figuren der Zeichnung sind einander entsprechende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

## 20   Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Wie Figur 1 zeigt, weist eine erfindungsgemäße Kraftstoffzufuhrvorrichtung eine Kraftstoffförderpumpe 10 und eine Kraftstoff-Hochdruckpumpe 11 auf, um aus einem Kraftstoff-  
25   tank 12 Kraftstoff über ein Druckleitungssystem 13 zu einem oder mehreren Kraftstoff-Einspritzventilen 14 eines Verbrennungsmotors zu liefern. Im dargestellten Ausführungsbeispiel wird von einem Vierzylinderverbrennungsmotor ausgegangen, bei dem jeder Brennkammer ein Einspritzventil zugeordnet  
30   ist, das Kraftstoff entweder direkt in die Brennkammer oder in deren Ansaugbereich einspritzt.

Die Kraftstoffförderpumpe 10, die in nicht näher dargestellter Weise von einem Elektromotor angetrieben wird, ist mit  
35   ihrer Druckseite über eine Druckleitung 15 mit einer Niederdruckseite der Hochdruckpumpe 11 verbunden. Die Ausgangs- oder Hochdruckseite der Hochdruckpumpe 11 ist über eine wei-

1 tere Druckleitung 16 an das Druckleitungssystem 13 ange-  
geschlossen, dem ein Drucksensor 17 zugeordnet ist, dessen dem  
Kraftstoffdruck im Druckleitungssystem 13 entsprechendes  
Ausgangssignal einer Steuerschaltung 18 zugeführt ist, die  
5 in nicht näher dargestellter Weise die Betriebsbedingungen  
des Verbrennungsmotors überwacht und in Abhängigkeit davon  
die einzelnen Betriebsparameter des Verbrennungsmotors, wie  
z.B. Zündzeitpunkt, Einspritzzeitpunkt, einzuspritzende  
Kraftstoffmenge und dergleichen steuert.

10

Um über die Druckleitung 15 Kraftstoff mit einem bestimmten  
geregelten Vordruck an die Niederdruckseite der Hochdruck-  
pumpe 11 zu liefern, ist der Kraftstoffförderpumpe 10 eine  
Druckregleinrichtung zugeordnet. Diese Druckregleinrich-  
15 tung kann z. B. von der Kraftstoffförderpumpe 10 selbst ge-  
bildet werden, wenn deren Förderleistung einstellbar ist, um  
diese bedarfabhängig steuern zu können.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist als Druckreglein-  
20 richtung ein Druckregler 19 vorgesehen, der mit der Druck-  
leitung 15 über eine Leitung 20 ist verbunden. Die Auslass-  
seite des Druckreglers 19 liefert überschüssigen Kraftstoff  
zurück in den Kraftstofftank 12. Der Druckregler 19 kann da-  
bei so umschaltbar ausgebildet sein, dass er den Vordruck in  
25 der Druckleitung 15 entweder auf einem ersten, relativ nie-  
drigen Wert, z.B. etwa 3 Bar, oder auf einen zweiten relativ  
hohen Wert, z.B. 8 bis 10 Bar, begrenzt. Es ist jedoch auch  
möglich, einen Druckregler 19 vorzusehen, der so steuerbar  
ist, dass er den Vordruck in der Druckleitung 15 auf prak-  
30 tisch jeden beliebigen Wert zwischen einem ersten, relativ  
niedrigen und einem zweiten, relativ hohen Wert begrenzen  
kann. Hierzu wird der Druckregler 19 so ausgebildet, dass  
der Begrenzungsdruck, also der Druck, auf den der Vordruck  
in der Druckleitung 15 eingestellt wird, mit Hilfe der För-  
35 derleistung der Kraftstoffförderpumpe 10 einstellbar ist.

Um eine Dampfblasenbildung in der Hochdruckpumpe 11 zu ver-



1 meiden, sind ein oder mehrere Kühlkanäle 21 vorgesehen, von  
 denen nur einer dargestellt ist, durch die ein Kühlmittel-  
 strom gegen ein rein schematisch angedeutetes Pumpengehäuse  
 22 geleitet wird. Bei dem in Figur 1 dargestellten Ausfüh-  
 5 rungsbeispiel dienen der bzw. die Kühlkanäle 21 zum Zuführen  
 von Umgebungsluft zum Pumpengehäuse 22, das in nicht näher  
 dargestellter Weise Wärmeabführflächen, beispielsweise Kühl-  
 rippen oder dergleichen, aufweist, an denen der durch den  
 bzw. die Kühlkanäle geführten Kühlluftstrom Wärme vom Pum-  
 10 pengehäuse aufnimmt und davon abführt.

Zweckmäßigerweise ist in dem oder den Kühlkanälen ein Lüfter  
 23 angeordnet, der vorzugsweise von der Steuerschaltung 18  
 bedarfsabhängig gesteuert werden kann. Bei mehreren Kühlka-  
 15 näl en ist dabei zweckmäßigerweise ein Lüfter so in einem ge-  
 meinsamen Bereich der Kühlkanäle angeordnet, dass er den  
 Kühlluftstrom in allen Kühlkanälen erzeugt.

Um über den von der Steuerschaltung 18 steuerbaren Lüfter 23  
 20 den Kühlluftstrom bedarfsabhängig zu steuern, ist im oder am  
 Pumpengehäuse 22 ein Temperaturfühler 24 zur Überwachung  
 Temperatur der Hochdruckpumpe 11 angeordnet, dessen Aus-  
 gangssignal der Steuerschaltung 18 zugeführt ist.

25 Während des normalen Betriebs des Verbrennungsmotors wird  
 von der Kraftstoffförderpumpe 10 unter einem relativ niedri-  
 gen Vordruck stehender Kraftstoff über die Druckleitung 15  
 zur Hochdruckpumpe 11 geliefert, die über das Druckleitungs-  
 system 13 die Einspritzventile 14 mit unter Hochdruck ste-  
 30 hendem Kraftstoff versorgt. Dabei wird die Hochdruckpumpe 11  
 durch den mittels des oder der Kühlkanäle geführten Kühl-  
 luftstroms gekühlt, so dass die Temperatur der Hochdruckpum-  
 pe unter der kritischen Betriebstemperatur, bei der eine  
 Dampfblasenbildung im Kraftstoff einsetzt, gehalten wird.

35

Steigt die Temperatur der Hochdruckpumpe 11 unter bestimmten  
 Betriebsbedingungen des Verbrennungsmotors an, so wird zu-

1 nächst die Kühlung intensiviert, indem der Lüfter 23 von der  
Steuerschaltung 18 eingeschaltet oder auf eine einen höheren  
Kühlluftstrom bewirkende höhere Betriebsstufe umgeschaltet  
wird.

5

Ist jedoch keine Verstärkung der Kühlung möglich, oder  
steigt die Temperatur des Pumpengehäuses 22 bzw. der Hoch-  
druckpumpe 11 trotz stärkerer Kühlung weiter an und über-  
steigt die kritische Betriebstemperatur, so wird von der  
10 Steuerschaltung 18 eine Erhöhung des Vordrucks in der Druck-  
leitung 15 veranlasst. Hierzu stellt die Steuerschaltung 18  
eine höhere Förderleistung der Kraftstoffförderpumpe 10 ein  
und schaltet den Druckregler 19 so um, dass er den Vordruck  
in der Druckleitung 15 auf einen relativ hohen Wert be-  
15 grenzt.

Wird ein Druckregler 19 verwendet, bei dem die Höhe des Be-  
grenzungsdrucks von der Durchflussrate abhängt, so ist es  
möglich, durch eine entsprechende Steuerung der Förderlei-  
20 stung der Kraftstoffförderpumpe 10 den Vordruck in der  
Druckleitung 15 praktisch auf jeden beliebigen Wert zwischen  
dem unteren, normalen Vordruck und einem maximal zulässigen  
oberen Vordruck einzustellen. Dies ermöglicht es, den Vor-  
druck in der Druckleitung 15 jeweils nur so weit zu erhöhen,  
25 dass die druckabhängige kritische Betriebstemperatur der  
Hochdruckpumpe gerade oberhalb der Temperatur der Hochdruck-  
pumpe gehalten wird.

Figur 2 zeigt eine andere Ausgestaltung einer erfindungsge-  
30 mäßen Kraftstoffzufuhrvorrichtung, bei der aus einem Tank 12  
Kraftstoff von einer Förderpumpe 10 über eine Druckleitung  
15 an eine Hochdruckpumpe 11 geliefert wird, die unter Hoch-  
druck stehenden Kraftstoff über eine weitere Druckleitung 16  
einem Druckleitungssystem 13 zuführt, an das ein oder mehre-  
35 re Einspritzventile 14 zum Einspritzen von Kraftstoff in die  
Brennkammern eines Verbrennungsmotors oder in deren Ansaug-  
bereich angeschlossen sind. Um den Vordruck in der Drucklei-

1 tung 15 entsprechend den Betriebsbedingungen der Hochdruck-  
pumpe 11 einstellen zu können, ist ein Druckregler 19 über  
eine Leitung 20 mit der Druckleitung 15 verbunden. Der  
Druckregler 19 umfasst ein erstes Druckbegrenzungsventil 25,  
5 dessen Einlassseite über eine Ventileinrichtung 26 und die  
Leitung 20 mit der Druckleitung 15 verbunden ist. Das erste  
Druckbegrenzungsventil 25 dient zur Begrenzung des Vordrucks  
auf einen ersten, niedrigen Wert während des Normalbetriebs.  
Parallel zum ersten Druckbegrenzungsventil 25 ist ein zwei-  
10 tes Druckbegrenzungsventil 27 geschaltet, das den Vordruck  
in der Druckleitung 15 auf einen zweiten, maximalen Wert,  
z.B. 8 bis 10 Bar, begrenzt.

Die Ventileinrichtung 26 kann im einfachsten Fall ein Ab-  
15 sperrventil sein, so dass der Druckregler 19 so umgeschaltet  
werden kann, dass er den Vordruck entweder auf den Normal-  
wert oder auf den Maximalwert begrenzt. Es ist jedoch auch  
möglich, dass die Ventileinrichtung 26 eine Drosseleinrich-  
tung ist, die ein Drosselventil aufweist, das so ausgebildet  
20 ist, dass der Durchflusswiderstand bei zunehmendem durch-  
strömendem Kraftstoff überproportional zunimmt, so dass der  
Begrenzungsdruck in Abhängigkeit von der Förderleistung der  
Kraftstoffförderpumpe 10 gesteuert werden kann.

25 Zur Kühlung der Hochdruckpumpe 11 ist ein Kühlkanal 31 vor-  
gesehen, über den ein flüssiges Kühlmittel, z.B. Kühlwasser  
aus dem Motorkühlsystem oder Kältemittel aus einem Kältemit-  
telkreislauf eines Klimasystems, zur Hochdruckpumpe 11 ge-  
führt wird. Der Kühlkanal 31, in dem ein von einer Steuer-  
30 schaltung 18 betätigbares Absperrventil 32 angeordnet ist,  
mündet in einen nicht näher dargestellten Kühlkanal im Inne-  
ren eines Pumpengehäuses 22 der Hochdruckpumpe 11. Der Aus-  
lass des im Pumpengehäuse 22 vorgesehenen Kühlkanals ist  
über eine Rücklaufleitung 33 mit dem Motorkühlsystem oder  
35 dem Klimasystem verbunden. Wird zur Kühlung der Hochdruck-  
pumpe 11 ein Kühlwasserteilstrom aus dem Motorkühlsystem ab-  
gezweigt, so ist der Kühlkanal 31 zweckmäßigerweise mit dem

- 1 Vorlauf des Motorkühlsystems, also mit der Auslassseite des  
Motorkühlers verbunden, während die Rücklaufleitung 33  
zweckmäßigerweise vor dem Motorkühler einmündet.
- 5 Um die Temperatur der Hochdruckpumpe 11 zu erfassen, ist im  
oder - wie dargestellt - am Pumpengehäuse 22 ein Temperatur-  
fühler 24 angeordnet. Zur Erfassung der Kühlwassertemperatur  
ist ein weiterer Temperaturfühler 34 in oder am Kühlkanal 31  
angebracht. Die Ausgangssignale der Temperaturfühler 24 und  
10 34 sind an die Steuerschaltung 18 geführt.

Anhand von Figur 3 wird im folgenden die Arbeitsweise der in  
Figur 2 dargestellten Kraftstoffzuführvorrichtung während  
des normalen Betriebs eines Verbrennungsmotors beschrieben.

15

- Sobald der Verbrennungsmotor gestartet ist, also sobald die  
Startphase beendet ist und die Hochdruckpumpe 11 die Ein-  
spritzventile 14 über das Druckleitungssystem 13 mit unter  
Hochdruck stehendem Kraftstoff versorgt, wird auch die Küh-  
20 lung der Hochdruckpumpe 11 aktiviert. Nach dem Start der  
Kühlungssteuerung wird zunächst im Schritt S11 mit Hilfe des  
Temperaturfühlers 34 die Temperatur  $T_{KS}$  des Kühlwasserstroms  
und mit Hilfe des Temperaturfühlers 24 die Temperatur  $T_{HDP}$   
erfasst. Im Schritt S12 wird festgestellt, ob die Temperatur  
25  $T_{KS}$  des Kühlwassers höher ist als die Temperatur  $T_{HDP}$  der  
Hochdruckpumpe 11. Da dies normalerweise nicht der Fall ist,  
geht die Steuerung weiter zum Schritt S13, in dem überprüft  
wird, ob der Kühlstrom geöffnet ist, also ob das Absperrven-  
til 32 im Kühlkanal 31 geöffnet ist. Ist dies nicht der  
30 Fall, so wird das Absperrventil 32 geöffnet. Danach wird im  
Schritt S14 festgestellt, ob die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hoch-  
druckpumpe 11 höher ist als eine erste kritische Betrieb-  
stemperatur  $T_{k1}$ . Ist dies nicht der Fall, so wird im Schritt  
S15 überprüft, ob der niedrige Vordruck in der Druckleitung  
35 15 eingestellt ist und, falls nicht, eingestellt. Im Schritt  
S16 wird somit der Normalbetrieb erkannt und die Steuerung  
kehrt zum Schritt S11 zurück, um erneut die Temperatur  $T_{KS}$

1 des Kühlwassers und die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hochdruckpumpe zu erfassen.

Wird im Schritt S14 festgestellt, dass die Temperatur  $T_{HDP}$   
5 der Hochdruckpumpe 11 höher ist als die kritische Betriebstemperatur  $T_{k1}$  so geht die Steuerung weiter zu Schritt S17 und erhöht den Vordruck in der Druckleitung 15 durch eine entsprechende Steuerung des Druckreglers 19 und/oder der Kraftstoffförderpumpe 10. Sobald der Vordruck erhöht ist,  
10 wird mit der Temperaturüberwachung in Schritt S11 fortgefahren.

Wird unter extremen Betriebsbedingungen festgestellt, dass die Temperatur  $T_{KS}$  des Kühlwasserstroms höher ist als die  
15 Temperatur  $T_{HDP}$  der Hochdruckpumpe 11, so verzweigt die Steuerung im Schritt S12 zum Schritt S18 und sperrt den Kühlstrom mit Hilfe des Absperrventils 32 ab. Anschließend wird im Schritt S19 überprüft, ob die Temperatur  $T_{HDP}$  höher ist als die kritische Betriebstemperatur  $T_{k1}$ . Ist dies nicht  
20 der Fall, so wird im Schritt S15' der niedrige Vordruck eingestellt und die Steuerung fährt mit der Temperaturüberwachung fort.

Übersteigt jedoch die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hochdruckpumpe 11  
25 die kritische Betriebstemperatur  $T_{k1}$ , so wird im Schritt S17' durch die Steuerschaltung 18 mit Hilfe des Druckreglers 19 und/oder der Kraftstoffförderpumpe 10 der Vordruck in der Druckleitung 15 erhöht. Anschließend wird wiederum im Schritt S11 mit der Temperaturüberwachung fortgefahren.

30

Ist bei der in Figur 2 dargestellten Kraftstoffzuführvorrichtung zusätzlich zu dem gezeigten Kühlmittelstrom eine Luftkühlung mit einem von der Steuerschaltung 18 steuerbaren Lüfter 23 vorgesehen, wie sie in Figur 1 dargestellt ist, so  
35 wird beim Betrieb der Kraftstoffzuführvorrichtung nach einer Vordruckerhöhung im Schritt S17 oder S17' zunächst noch überprüft, ob die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hochdruckpumpe 11 grö-

1 Ber ist als eine zweite höhere kritische Betriebstemperatur  $T_{k2}$ . Ist dies nicht der Fall, so wird im Schritt S21 der Lüfter ausgeschaltet oder ausgeschaltet gehalten, und die Steuerung kehrt zurück zur Temperaturüberwachung in Schritt  
5 S11. Wird jedoch im Schritt S20 festgestellt, dass die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hochdruckpumpe 11 höher ist als die zweite obere kritische Betriebstemperatur  $T_{k2}$ , so wird im Schritt S22 der Lüfter 23 zugeschaltet, um anschließend im Schritt S11 mit der Temperaturüberwachung fortzufahren.

10

Bei der beschriebenen Betriebsweise der erfindungsgemäßen Kraftstoffzufuhrvorrichtung ist die Dauer der Kühlstromabsper-  
15 rung, der Vordruckerhöhung und die Dauer des Lüfterbetriebs abhängig von den Temperaturbedingungen. Es ist jedoch auch möglich, mit Hilfe von entsprechenden Zeitgebern eine feste oder eine variable Zeitdauer für die Kühlstromabsper-  
rung, die Vordruckerhöhung und den Lüfterbetrieb vorzugeben. Dabei kann auch der vom Betrieb des Verbrennungsmotors ab-  
20 hängige Kraftstoffdurchsatz durch die Hochdruckpumpe 11, der eine zusätzliche Kühlung der Hochdruckpumpe 11 bewirkt, be-  
rücksichtigt werden.

Da die kritischen Betriebstemperaturen  $T_{k1}$  und  $T_{k2}$  nicht nur vom von Außen wirkenden Vordruck, sondern vorrangig vom  
25 Dampfdruck des Kraftstoffs und insbesondere vom Dampfdruck der einzelnen Kraftstoffbestandteile und damit auch von der Kraftstoffzusammensetzung abhängen, erfolgt die Festlegung der für den Betrieb der Hochdruckpumpe 11 kritischen Be-  
triebstemperaturen  $T_{k1}$ ,  $T_{k2}$  unter Berücksichtigung des je-  
30 weiligen aktuellen Vordrucks und unter Berücksichtigung des eingesetzten Kraftstoffs mit einer entsprechenden Sicherheitsreserve. Zur Berücksichtigung des jeweiligen Kraft-  
stoffs bei der Festlegung der kritischen Betriebstemperatu-  
ren könnte beispielsweise über eine Betankungserkennung, für  
35 die z.B. ein Tankstandgeber ausgewertet wird, verdampfungs-  
freudiger Frisch-Kraftstoff erkannt und berücksichtigt wer-  
den. Ist dabei der Kraftstoffdampfdruck durch Modell oder

- 1 Messung bekannt, so ist eine genauere Anpassung der kritischen Betriebstemperaturen an den jeweiligen Siedepunkt des Kraftstoffs möglich.
- 5 Anstelle der dargestellten direkten Messung der Temperaturen  $T_{KS}$  und  $T_{HDP}$  des Kühlstroms bzw. der Hochdruckpumpe 11 können diese Temperaturen unter Verwendung geeigneter Modelle auch aus bekannten Größen, wie z.B. Motortemperatur, Ansauglufttemperatur, Fahrzeuggeschwindigkeit, Ansteuerung des Motorl
- 10 torlüfters usw. abgeschätzt werden.

Durch die erfindungsgemäß vorgesehene Kühlung der Hochdruckpumpe 11 wird deren Temperatur  $T_{HDP}$  während des größten Teils der Betriebszeit des Verbrennungsmotors unterhalb der

15 ersten kritischen Betriebstemperatur  $T_{k1}$  gehalten. Somit ist während des größten Teils der Motorbetriebsdauer ein niedriger Vordruck ausreichend. Nur unter extremen Betriebsbedingungen muss also eine Druckumschaltung vorgenommen werden. Dadurch wird insbesondere die Belastung der mit einem Elektromotor arbeitenden Kraftstoffförderpumpe 10 erheblich re-

20 duziert, so dass deren Lebensdauer erhöht wird. Darüber hinaus wird auch die mittlere Leistungsaufnahme der Kraftstoffförderpumpe 10, also des die Kraftstoffförderpumpe 10 antreibenden Elektromotors deutlich reduziert, wodurch die

25 Bordnetzbelastung, der Kraftstoffverbrauch und eine Tankaufheizung vermindert werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Kraftstoffzuführvorrichtung für einen Verbrennungsmotor mit einer Kraftstoffförderpumpe (10), die unter Vordruck stehenden Kraftstoff einer Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zuführt, die hochdruckseitig mit wenigstens einem Einspritz-  
5 ventil (14) verbunden ist, um dem oder den Einspritzventilen (14) unter Hochdruck stehenden Kraftstoff zuzuführen, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) ein Kühlmittelstrom über zumindest einen Kühlkanal (21, 31) zuführbar ist, um die Temperatur ( $T_{HDP}$ ) der Kraftstoff-  
10 Hochdruckpumpe (11) unterhalb einer kritischen Betriebstemperatur ( $T_{K1}$ ) zu halten.

2. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zum  
15 Kühlen Luft durch den Kühlkanal (21) als Kühlmittel zuführbar ist.

3. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem zumindest einem Kühlkanal ein Lüfter  
20 (23) zugeordnet ist, um den Kühlluftstrom durch den Kühlkanal (21) zu erzeugen.

4. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Lüfter (23) in Abhängigkeit von der  
25 Temperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) und der kritischen Betriebstemperatur ( $T_K$ ) steuerbar ist.

5. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zum  
30 Kühlen eine Kühlflüssigkeit durch den Kühlkanal (31) als Kühlmittel zuführbar ist.

6. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Kühlmittel Kühlwasser aus dem Kühlsy-



1 stem des Verbrennungsmotors abgeleitet wird.

7. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Steuerung der Kühlmittelzufuhr ein Absperrventil (32) vorgesehen ist, das von einer Steuerschaltung (18) in Abhängigkeit von der Temperatur ( $T_{KS}$ ) des Kühlmittels und von der Temperatur ( $T_{HDP}$ ) der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) betätigbar ist.

10 8. Kraftstoffzuführvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoffförderpumpe (10) eine Druckregeleinrichtung (19) zugeordnet ist, um den der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) niederdruckseitig zugeführten Kraftstoffdruck einstellen zu können.

15

9. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckregeleinrichtung einen ausgangseitig an die Kraftstoffförderpumpe (10) angeschlossenen Druckregler (19) umfasst, der von einer Steuerschaltung  
20 steuerbarer ist.

10. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckregler (19) so steuerbar ist, dass der der Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe  
25 (11) zugeführte Druck auf einen ersten oder einen zweiten Wert begrenzbar ist.

11. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckregler (19) so steuerbar ist,  
30 dass der der Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zugeführte Druck variabel regelbar ist.

12. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckregler (19) ein erstes  
35 und ein zweites Druckbegrenzungsventil (25, 27) aufweist, die parallel geschaltet sind, und eine Druckbegrenzung auf einen ersten bzw. einen zweiten Druck ermöglichen.

1 13. Kraftstoffzufuhrvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch  
gekennzeichnet, dass ein von der Steuerschaltung (18) betä-  
tigbares Absperrventil (26) mit dem Druckbegrenzungsventil  
(25) für den niedrigen Druck in Reihe geschaltet ist.

5

14. Kraftstoffzufuhrvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch  
gekennzeichnet, dass eine steuerbare Drosseleinrichtung mit  
dem Druckbegrenzungsventil (25) für den niedrigen Druck in  
Reihe geschaltet ist.

10

15. Kraftstoffzufuhrvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Drosseleinrichtung ein Drosselven-  
til aufweist, das so ausgebildet ist, dass der Durchflusswi-  
derstand bei zunehmendem durchströmenden Kraftstoff überpro-  
15 portional zunimmt.

16. Kraftstoffzufuhrvorrichtung nach einem der vorstehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Kühl-  
kanäle (21, 31) vorgesehen sind, von denen der eine (21)  
20 Luft und der andere (31) Wasser als Kühlmittel der Kraft-  
stoff-Hochdruckpumpe (11) zuführen.

25

30

35

**ZUSAMMENFASSUNG**

Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffzufuhrvorrichtung für einen Verbrennungsmotor mit einer Kraftstoffförderpumpe (10), die unter Vordruck stehenden Kraftstoff einer Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zuführt, die hochdruckseitig mit wenigstens einem Einspritzventil (14) verbunden ist, um diesen unter Hochdruck stehenden Kraftstoff zuzuführen. Um in der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) eine deren Förderleistung und Druckerzeugung beeinträchtigende Dampfblasenbildung zu vermeiden, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) ein Kühlmittelstrom über zumindest einen Kühlkanal (21) zuführbar ist, um die Temperatur ( $T_{HDP}$ ) der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) unterhalb einer kritischen Betriebstemperatur ( $T_{K1}$ ) zu halten.

(Figur 1)

20

25

30

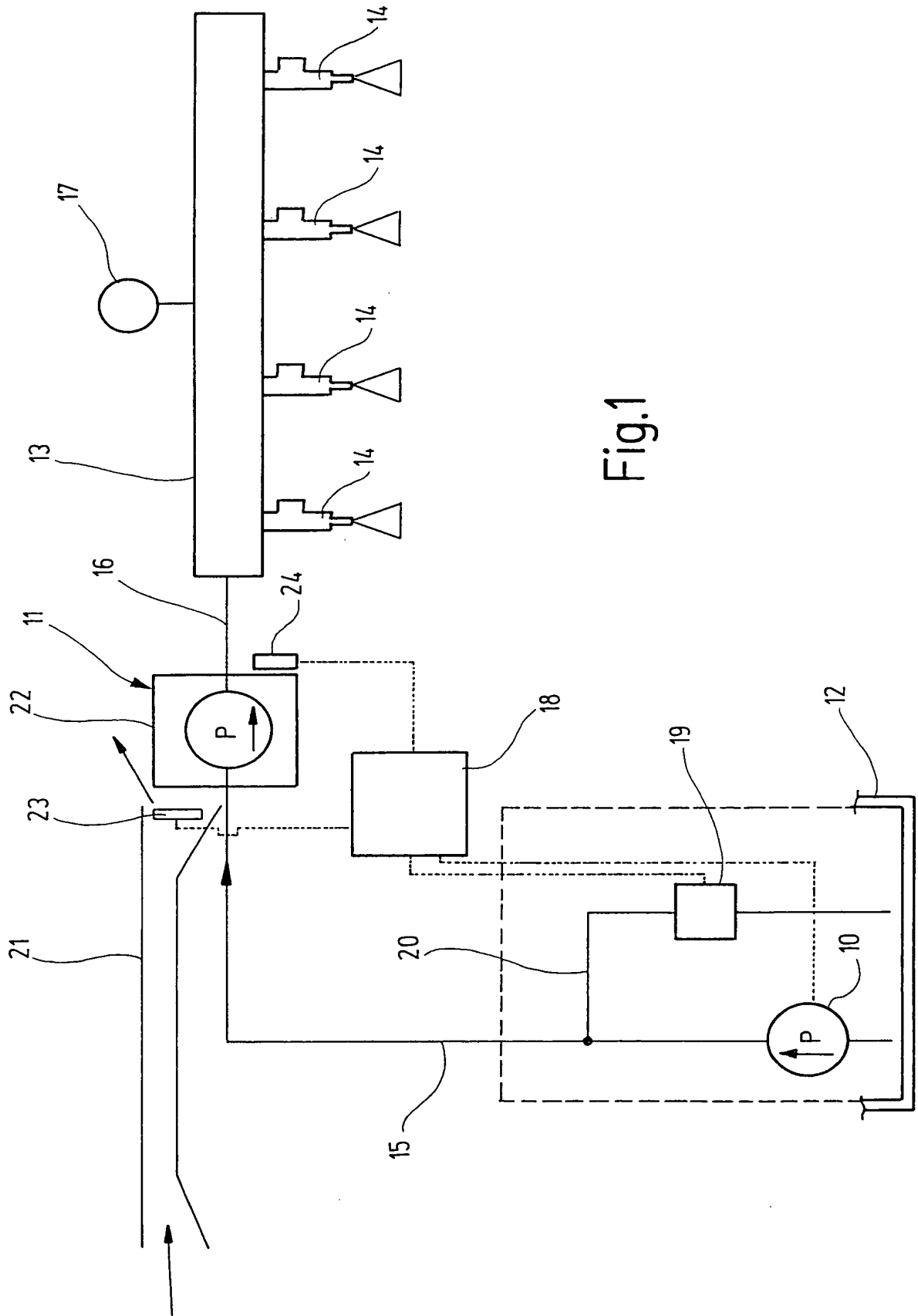


Fig.1

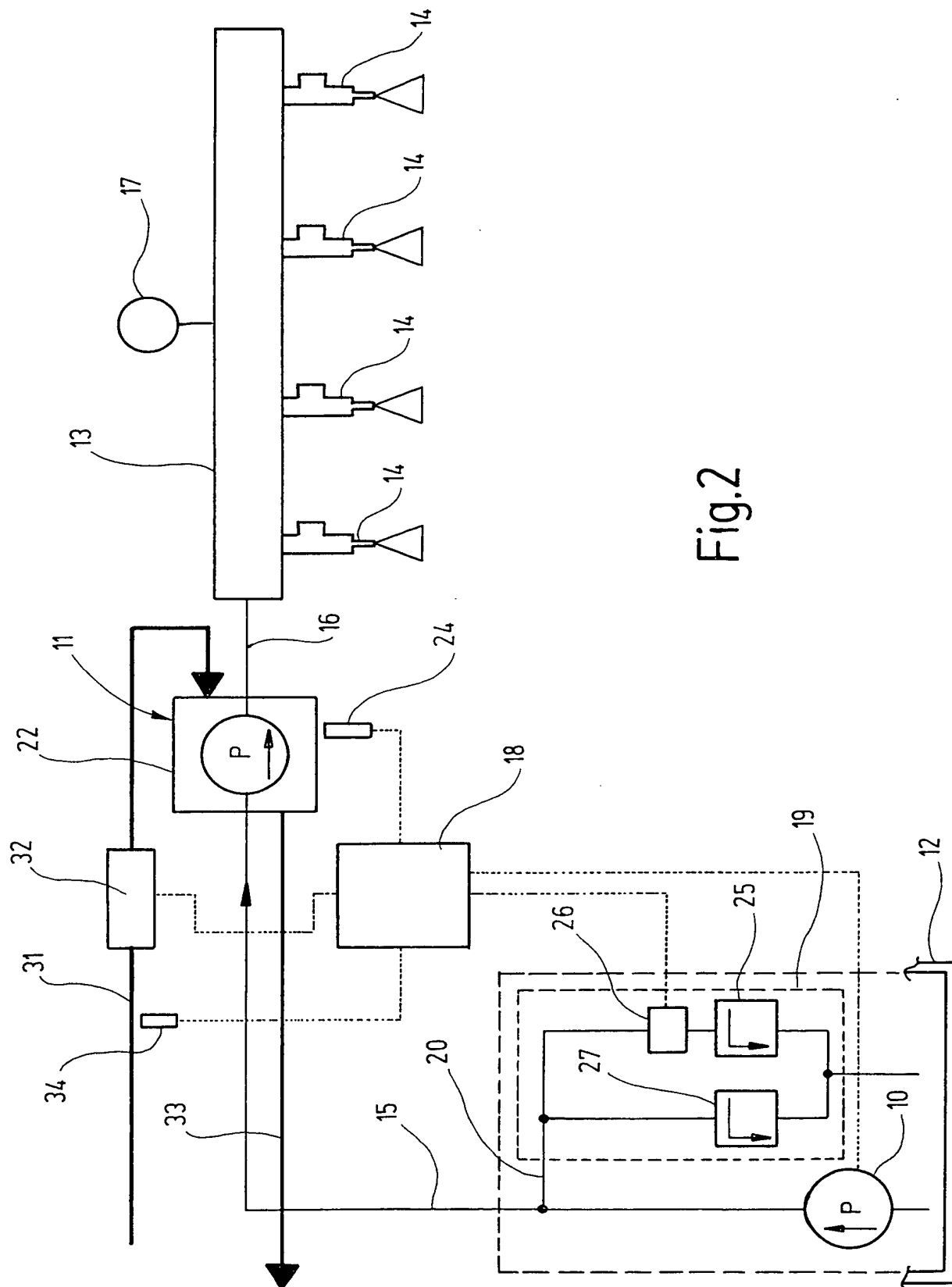


Fig.2

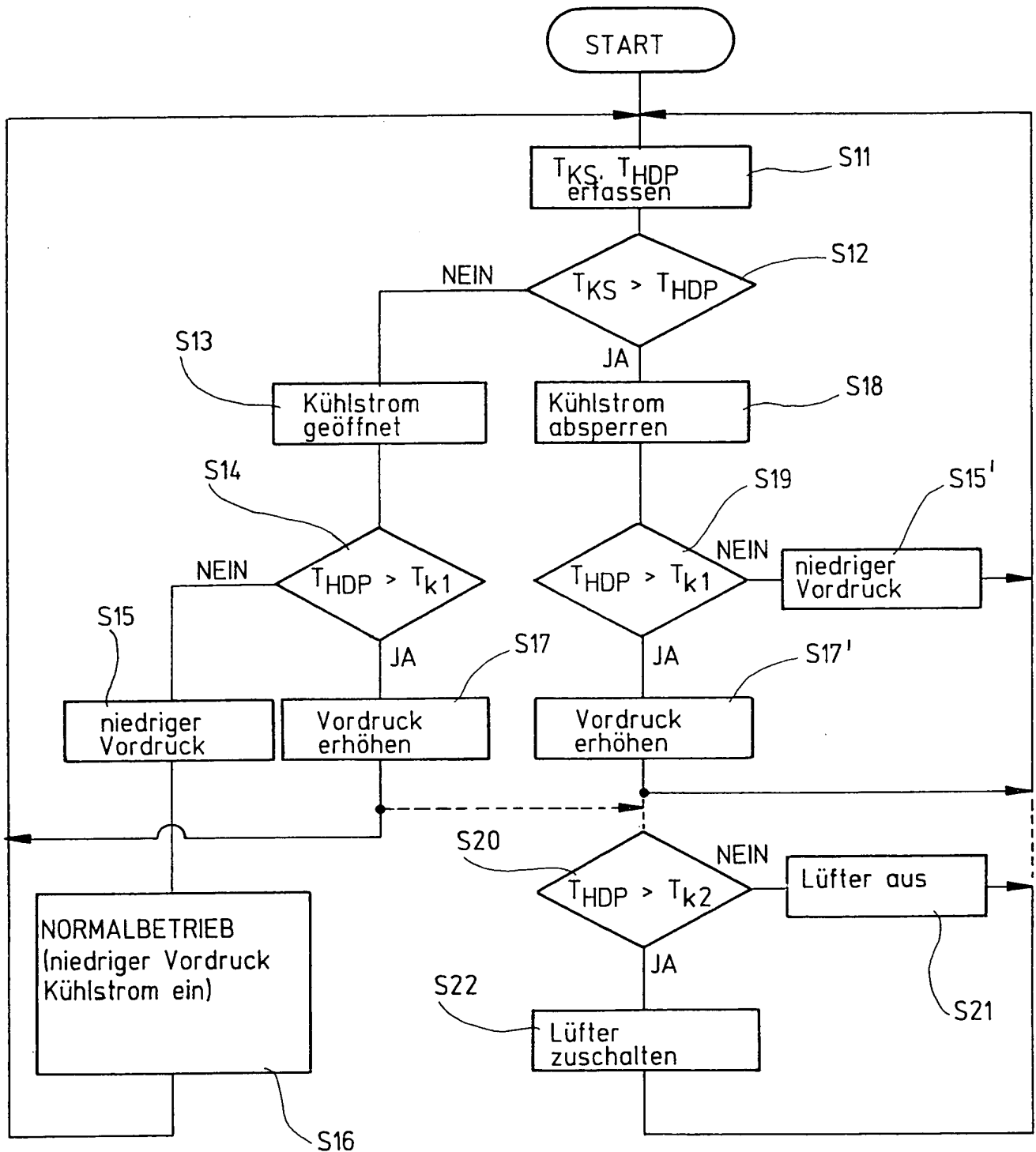


Fig.3